



**Universitat de Lleida**

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10459.1/63075>

Copyright

(c) Interempresas, 2015

## **Las micotoxinas: un problema que resurge con fuerza.**

Antonio J. Ramos, Vicente Sanchis y Sonia Marín.

Dpto. Tecnología de Alimentos. Unidad de Micología Aplicada. Universidad de Lleida.  
XaRTA-UTPV. Agrotecnio Centre. Avda Rovira Roure 191. 25198 Lleida (España)

E.mail: ajramos@tecal.udl.es

### **RESUMEN**

Las micotoxinas son metabolitos fúngicos tóxicos frecuentes en alimentos y piensos. Suponen un riesgo para la Salud Pública al poder producir, entre otros, efectos cancerígenos, teratogénicos, embriotóxicos, hepatotóxicos, estrogénicos e inmunosupresores, pudiendo éstos últimos favorecer la aparición de otras enfermedades. Lo más habitual es encontrar multicontaminación por micotoxinas, lo que puede explicar que incluso concentraciones pequeñas puedan provocar efectos inesperadamente adversos. Siendo un problema principalmente generado en campo, la solución tiene que venir de la mano de mejoras en las prácticas agrícolas y avances genéticos en la resistencia de las plantas a la infestación por mohos, todo ello junto con un mayor control de las condiciones de almacenamiento de las materias primas.

**Palabras clave:** contaminación fúngica, micotoxinas, micotoxicosis, aflatoxinas, cambio climático.

## ¿Qué son las micotoxinas?

Las micotoxinas son compuestos tóxicos producidos por una gran variedad de mohos filamentosos, especialmente de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, y *Alternaria*, fruto de su metabolismo secundario (Marín et al., 2013). Se trata de toxinas que cuando son ingeridas, inhaladas o absorbidas a través de la piel pueden causar enfermedades (denominadas micotoxicosis), o incluso la muerte, tanto a hombres como a animales, siendo la vía oral la principal forma de entrada al organismo. A diferencia de lo que ocurre con los animales, en el caso del ser humano la intoxicación aguda por micotoxinas no es en ningún caso frecuente. No obstante, en los animales lo más habitual es que estas toxinas se manifiesten siguiendo un patrón de intoxicación crónica, en la que sus efectos nocivos se ven a largo plazo, tras la ingestión prolongada en el tiempo de pequeñas cantidades de estas toxinas.

## ¿Cómo llegan a la cadena alimentaria?

Los mohos se presentan en la naturaleza de una forma ubicua. Su forma de diseminación más habitual, las esporas, infectan a las plantas en las que, si las condiciones ambientales son las adecuadas, se desarrollan y producen toxinas. Cuando un ser humano o un animal ingieren una planta contaminada, o un producto elaborado a partir de ellas (como, por ejemplo, un pienso), puede desarrollar una enfermedad, que en este caso denominamos micotoxicosis primaria (Figura 1). Pero, además, puede ocurrir que los animales de granja al consumir piensos contaminados con estas toxinas los bioacumulen en sus tejidos o los excreten a través de la leche o los huevos, llegando entonces al ser humano por el consumo de estos productos, o sus derivados, lo que sería entonces un caso de micotoxicosis secundaria (Figura 1).

## ¿De qué compuestos estamos hablando?

El estudio y caracterización científica de las micotoxinas comenzó a inicios de la década de los años sesenta del pasado siglo con el descubrimiento de las aflatoxinas, tras un episodio de intoxicación aguda que causó la muerte fulminante de más de 100.000 pavos en el Reino Unido, y que pronto se vio relacionado con el consumo de un pienso a base de cacahuete que presentaba contaminación por *Aspergillus flavus* (Ramos et al., 2011). El aislamiento e identificación de las toxinas responsables puso de manifiesto que se trataba de un conjunto de toxinas diferentes estructuralmente relacionadas entre sí, a las que se les denominó aflatoxinas, siendo la aflatoxina B<sub>1</sub>, la más peligrosa. Pronto se descubrió también que el consumo de piensos contaminados con aflatoxinas por parte del ganado lechero desembocaba en la aparición de las aflatoxinas M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub> en la leche.

Tras el descubrimiento de las aflatoxinas la búsqueda e identificación de otros metabolitos fúngicos que pudieran estar presentes en las materias primas y alimentos ha sido incesante, estimándose que existen varios centenares de micotoxinas, aunque, dada su frecuencia y toxicidad, poco más de una docena atraen la atención de los legisladores. Esas micotoxinas, cuya presencia en los alimentos para seres humanos está legislada a nivel europeo, son (Reglamento 1831/2003 y sus modificaciones posteriores):

- Las aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> y M<sub>1</sub>.
- Las fumonisinas B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>.
- La ocratoxina A.

- La patulina.
- Los tricotecenos: el deoxinivalenol, y las toxinas T-2 y HT-2.
- La zearalenona.

La Figura 2 muestra la estructura química de las principales micotoxinas.

Sorprendentemente, hasta la fecha, en el caso de la alimentación animal la Unión Europea solo ha establecido límites máximos admisibles para la aflatoxina B<sub>1</sub> (Reglamento 574/2011), quedando el resto de toxinas reguladas solo mediante Recomendaciones comunitarias (Recomendaciones 2006/576 y 2013/165).

### **¿Qué efectos ejercen estas toxinas sobre la salud?**

Uno de los verdaderos problemas de las micotoxinas es que se trata de compuestos que ejercen variados efectos tóxicos diferentes y afectan negativamente a múltiples órganos, habitualmente a la vez, presentando una toxicidad que, además, es dependiente de otros aspectos tales como la especie animal considerada, el sexo, la edad o el estado nutricional del individuo, entre otros factores. Así, por ejemplo, en el caso de las aflatoxinas el principal órgano diana es el hígado, pero se han observado efectos tóxicos también en el riñón y en el cerebro, habiéndose demostrado además su actividad cancerígena (se considera que la aflatoxina B<sub>1</sub> es el agente cancerígeno de origen natural más potente que existe), mutagénica, teratogénica e inmunotóxica. La Tabla 1 muestra los principales efectos tóxicos de las micotoxinas más importantes. Como se puede observar, muchos efectos tóxicos son comunes a varias micotoxinas.

Otro elemento a tener en cuenta en la evaluación de la toxicidad de las micotoxinas es que cuando un alimento presenta contaminación por estos metabolitos lo más frecuente es que esta contaminación sea múltiple, esto es, que se encuentren presentes más de dos micotoxinas a la vez en el mismo alimento o pienso (Streit et al., 2013). Esto, en el mejor de los casos, supone la suma de los efectos tóxicos de cada toxina, pero muy frecuentemente lo que implica es la aparición de efectos sinérgicos mediante los cuales la coexistencia de cantidades relativamente pequeñas de varias toxinas a la vez origina un efecto tóxico mucho mayor que el que cabría esperar a la vista del nivel de contaminación encontrado en el alimento. Por último, no hay que olvidar que muchas micotoxinas producen un efecto inmunosupresor que abre la puerta al desarrollo de otras enfermedades secundarias (Bondy y Pestka, 2000).

### **¿Cuáles son los alimentos más frecuentemente afectados por micotoxinas?**

En el caso de las aflatoxinas, los alimentos que con mayor frecuencia presentan contaminación son los cereales (especialmente el maíz), frutos secos (sobre todo cacahuetes y pistachos), frutas deshidratadas (higos), especias, y, en el caso de la aflatoxina M<sub>1</sub>, la leche y sus derivados. La ocratoxina A contamina frecuentemente los cereales, café, especias, regaliz, uvas pasas, mostos y vinos, mientras que la patulina se encuentra en zumos de frutas, especialmente en los de manzana, y sus derivados. Por último, los tricotecenos, las fumonisinas y la zearalenona (todas ellas micotoxinas producidas por *Fusarium*), se encuentran principalmente en los cereales, en los dos últimos casos especialmente en el maíz (Rubinstein y Theumer, 2011).

### **¿Cuál es la situación de la contaminación por micotoxinas a nivel mundial?**

En la presencia de micotoxinas en los productos vegetales tiene una gran influencia las condiciones meteorológicas de cada campaña. Esto puede ocasionar que un año sea más

predominante un tipo de micotoxina que otra en función de las variables climáticas. Por ejemplo, en el año 2014, un estudio llevado a cabo por la empresa Biomin puso de manifiesto que, a nivel mundial, la principal micotoxina encontrada en los productos agrícolas fue el deoxinivalenol (66% de muestras contaminadas), producido principalmente por *Fusarium graminearum*, seguido de las fumonisinas (56%) y la zearalenona (53%), aunque en Europa fueron el deoxinivalenol y la zearalenona las más abundantes (Biomin, 2014). El maíz siguió la pauta observada a nivel mundial, pero, en el caso de la soja, la toxina más frecuente fue la zearalenona.

Además, se observó en las 6844 muestras estudiadas que todas contenían más de una micotoxina, siendo lo más frecuente la coexistencia de entre 30 y 39 micotoxinas a la vez, lo que refuerza la idea de que la multicontaminación por micotoxinas es la norma, y no la excepción.

Otros años la contaminación por fumonisinas, causada principalmente por *Fusarium verticillioides*, ha sido más frecuente que la ocasionada por deoxinivalenol. Hay que resaltar que la vía de entrada de ambos tipos de mohos, por ejemplo en la planta del maíz, no es exactamente la misma, y que otros factores que tienen una fuerte componente temporal, como puede ser la incidencia de la plaga del barrenador del maíz, pueden contribuir al desarrollo mayoritario de un tipo de moho frente a otro.

En cualquier caso, la percepción general es que el problema de las micotoxinas ha ido en aumento en los últimos años, tanto por la muy frecuente contaminación de las materias primas, como el maíz, por toxinas producidas por especies de *Fusarium* (principalmente deoxinivalenol, fumonisinas y zearalenona), como por la aparición de brotes puntuales de contaminación por aflatoxinas, que pueden conllevar pérdidas económicas muy importante, como las sufridas en 2013 por la industria lechera española cuando se vio obligada a destruir más de 2 millones de litros de leche por haber sobrepasado el límite legal de aflatoxina M<sub>1</sub> permitido en la Unión Europea, lo que supuso pérdidas económicas superiores a los 760.000 euros (fuente: <http://www.elmundo.es/andalucia/2013/11/28/52971de963fd3dc5318b458d.html>) y la necesidad de establecer una línea de ayudas de carácter excepcional, por parte de la Junta de Andalucía, por un total de 300.000 euros, para apoyar al más de un centenar de explotaciones afectadas. El origen del incidente aún hoy es discutido, siendo los principales sospechosos de la contaminación el maíz y, en segundo lugar, la semilla de algodón empleadas en la elaboración de la ración de las vacas.

### **¿Qué se puede hacer para evitar la presencia de micotoxinas en los alimentos?**

Desafortunadamente las micotoxinas son compuestos que, por lo general, presentan una elevada termorresistencia, por lo que, a diferencia de lo que ocurre con los microorganismos, no podemos confiar en un posterior tratamiento térmico para eliminarlas de una materia contaminada. Por otra parte, la normativa europea prohíbe explícitamente la utilización de métodos de detoxificación químicos para destruir las micotoxinas en los alimentos (Reglamento 1831/2003), debido al peligro de formación de productos de descomposición que aún presenten una cierta toxicidad.

Por ello, la única solución pasa por la prevención, por lo que hay que intentar minimizar la entrada de las micotoxinas en la cadena alimentaria ya en las primeras etapas de la misma, en el campo, prolongando las medidas preventivas posteriormente tanto en las etapas de recolección, como en el almacenamiento y comercialización. El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, publicó en 2014 un guía de Buenas

Prácticas para prevenir la contaminación por aflatoxinas en la producción primaria (disponible en: <http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/04225.pdf>), que ofrece un listado de medidas a adoptar tanto en campo como en las fases de almacenamiento y transporte, y en las explotaciones ganaderas. Durante el cultivo y la poscosecha las recomendaciones más importantes incluyen:

#### EN EL CAMPO:

- Preparar las tierras de cultivo y fertilizar de forma adecuada.
- Utilizar semillas tratadas higiénicamente, usando, en la medida de lo posible, variedades de mayor resistencia a la contaminación por *Aspergillus*.
- Realizar la siembra en condiciones en las que se eviten situaciones de estrés para la semilla, evitando situaciones de calor excesivo y/o de sequía, respetando las distancias de siembra para evitar densidades excesivas, y aplicando un programa de abonado adecuado.
- Asegurar que el riego tiene una distribución uniforme, tratando de evitar zonas de encharcamiento.
- Mantener bajo control las malas hierbas y los insectos, fundamentalmente el barrenador. Supervisar la contaminación por hongos durante la cosecha.
- Minimizar el daño mecánico durante la fase de cultivo. Intentar minimizar la cantidad de granos dañados.
- Cosechar cuando se alcance la madurez completa del grano de maíz, excepto en casos en los que las condiciones de sequía o calor hagan aconsejable una recolección más temprana. Si es posible, cosechar cuando los niveles de humedad se encuentren por debajo de 15%.
- Realizar rotaciones de cultivos.

#### EN EL ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE:

- Utilizar medios de transporte dedicados de forma específica al transporte de cereales, y verificar que tienen establecidos procedimientos de limpieza en función de la secuencia de cargas.
- Mantener el grano resguardado del agua en las fases de transporte y almacenamiento.
- Realizar una limpieza adecuada y desinfección de las instalaciones y los alrededores antes del almacenamiento de una nueva cosecha/nuevo origen/nuevo lote.
- Eliminar, en la medida de lo posible, los granos dañados y el polvo.
- Establecer procedimientos de secado adecuados en función de la humedad del cereal en el momento de la cosecha. Verificar la temperatura de secado en el marco del programa de APPCC.
- Evitar la mezcla de grandes volúmenes o de un gran número de orígenes distintos.
- Realizar controles semanales de la temperatura después del secado.
- Utilizar aditivos autorizados como conservantes en la UE que tengan un efecto antifúngico.
- Evitar el acceso de roedores y pájaros a las instalaciones de almacenamiento.
- Tomar muestras representativas para realizar autocontroles.
- Utilizar una técnica de análisis adecuada para el tipo de producto analizado.

#### **¿Qué problemas nos esperan en el futuro?**

Como todos sabemos, en la actualidad estamos inmersos en un proceso de cambio climático por el cual las condiciones medioambientales están sufriendo una variación de consecuencias aún impredecibles. No obstante, en el caso de las micotoxinas, ya se ha

observado que el cambio climático puede ocasionar la modificación de las comunidades microbianas existentes en un determinado lugar, originando el desplazamiento de la microbiota autóctona por otra que pueda resistir mejor las nuevas condiciones climáticas (Magan et al., 2011). Esto, en el caso de España, puede implicar la sustitución de unas comunidades fúngicas por otras y la aparición de problemas por determinados tipos de micotoxinas allí donde no los había. El progresivo aumento de las temperaturas puede conducir a un mayor predominio de especies de *Aspergillus* productoras de aflatoxinas como respuesta al estrés al que se ven sometidas las plantas debido a las nuevas condiciones climáticas, y eso es algo de lo que debemos de estar pendientes.

En conclusión, teniendo en cuenta que el problema de las micotoxinas se genera principalmente en el campo, y que una vez producidas es muy difícil su eliminación, la solución al reto de las micotoxinas ha de pasar por mejoras en las prácticas agrícolas, y en los sistemas de prevención y control, avances genéticos en la resistencia de las plantas a la infestación por mohos, y un mayor control de las condiciones de almacenamiento de las materias primas.

## Referencias

Biomin (2014). Mycotoxin survey 2014. Disponible a: [www.biomin.net](http://www.biomin.net). Fecha consulta: 15 de octubre de 2015.

Bondy, G.S.; Pestka, J.J. (2000). Immunomodulation by fungal toxins. Journal of Toxicology and Environmental Health - Part B: Critical Reviews, 3: 109-143.

Magan, N.; Medina, A.; Aldred, D. (2011). Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest. Plant Pathology, Special Issue: Climate Change and Plant Diseases 60: 150-163.

Marín, S.; Ramos, A.J.; Cano-Sancho, G.; Sanchis, V. (2013). Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment. Food and Chemical Toxicology, 60: 218- 237.

Ramos, A.J.; Marín, S.; Sanchis, V. (2011). Micotoxinas. Introducción histórica. A.J. Ramos (Ed.), Micotoxinas y micotoxicosis, págs. 1-18. AMV Ediciones, Madrid.

Rubinstein, H.R.; Theumer, M.G. (2011). Principales micotoxinas. A.J. Ramos (Ed.), Micotoxinas y micotoxicosis, págs. 45-72. AMV Ediciones, Madrid.

Streit, E.; Schwab, C.; Sulyok, M.; Naehrer, K.; Krska, R.; Schatzmayr, G. (2013). Multi-mycotoxin screening reveals the occurrence of 139 different secondary metabolites in feed and feed ingredients. Toxins, 5: 504-523.

Tabla 1.- Principales efectos tóxicos de las micotoxinas más importantes.

<b>Micotoxina/s</b>	<b>Efectos tóxicos</b>
Aflatoxinas	Hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, carcinogenicidad, teratogenicidad, hemorragias intestinales, reducción de la tasa de crecimiento, reducción del rendimiento, inmunosupresión.
Fumonisinias	Edema pulmonar (cerdos), leucoencefalomalacia (caballos), nefrotoxicidad, hepatotoxicidad, inmunosupresión.
Ocratoxinas	Nefrotoxicidad, hepatotoxicidad leve, carcinogenicidad, enteritis, teratogenicidad, reducción de la tasa de crecimiento, reducción del rendimiento, inmunosupresión.
Patulina	Mutagenicidad, genotoxicidad, neurotoxicidad, inmunosupresión.
Tricotecenos (deoxinivalenol, toxinas T-2 y HT-2)	Trastornos digestivos (vómitos, diarrea, rechazo del alimento), reducción de la ganancia de peso, hemorragias (en estómago, corazón, intestino, pulmón, vejiga, riñón), edemas, lesiones orales, dermatitis, trastornos sanguíneos, infertilidad, degeneración de la médula ósea, reducción de la tasa de crecimiento, inmunosupresión.
Zearalenona	Efectos estrogénicos, edema vulvar, prolapso vaginal, agrandamiento del útero y de las glándulas mamarias, atrofia testicular u ovárica, infertilidad, aborto.